

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-23886

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/26  
6/13  
6/12  
6/42

G 0 2 B 6/26  
6/42  
6/12

M  
N

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-178599

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月3日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 今村 三郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 都丸 暁

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 栗原 隆

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

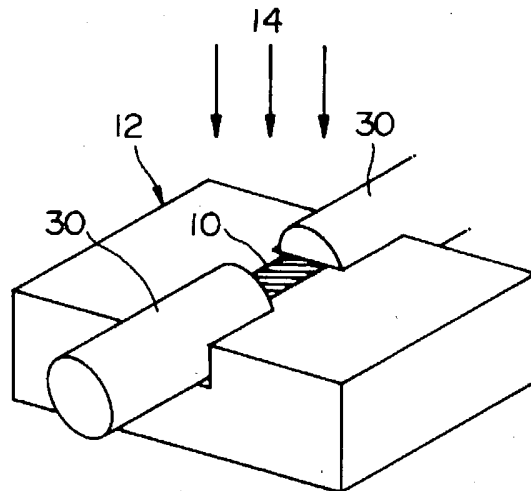
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

(54) 【発明の名称】 光学素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 パタン形成が容易で、耐熱性、耐湿性に優れ、低損失の光学素子を得ることができる光学素子の製造方法を提供すること。

【解決手段】 樹脂製ブラットフォーム12に結合用溝11aを形成し、該結合用溝11aに連結してその両側に搭載用溝11b、11bを形成する工程と、搭載用溝11b、11bに光ファイバ30、30或いは光ファイバ30と素子50とを搭載する工程と、結合用溝11aに液状の感光性物質10を注入し光硬化させてコア部41を形成し、該コア部41を覆うように感光性物質を用いてクラッド部42を形成して、光ファイバ30、30間、或いは、光ファイバ30と素子50とを光結合させて導波路とする工程と、を含む光学素子の製造方法であって、前記感光性物質が液状の感光性オリゴマーである光学素子の製造方法である。



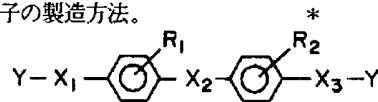
1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 樹脂製のプラットフォームに結合用溝を形成し、前記結合用溝に連結するようにその両側に搭載用溝を形成する工程と、前記搭載用溝に光ファイバを搭載する工程と、前記結合用溝に感光性物質を充たし光硬化させてコア部を形成し、さらに前記コア部を覆うクラッド部を形成して前記光ファイバ間を光結合させる導波路とする工程とより成る光学素子の製造方法であって、前記感光性物質が液状の感光性オリゴマーであることを特徴とする光学素子の製造方法。

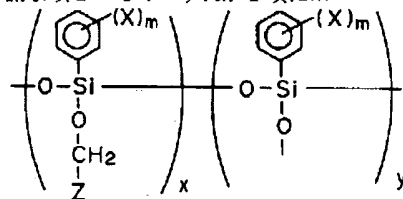
【請求項2】 前記結合用溝の断面寸法が光ファイバのコア径と整合するように設定されていることを特徴とする請求項1記載の光学素子の製造方法。



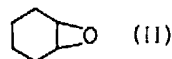
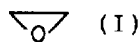
(式中、 $R_1$ 、 $R_2$ はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシル基または、トリフルオロメチル基を示し、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ はアルキル基、アルキルエーテル基または芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一個のOH基を含む連結基を表し、

$Y$ は  または  の重合活性基を示す。)

【請求項6】 感光性オリゴマーが下記の化2で表される一般式を有する反応性シリコンエポキシオリゴマーであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に※

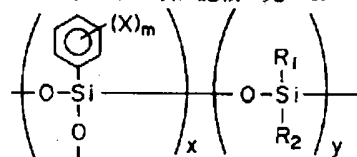


(式中、 $X$ は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基またはアルコキシル基を表し、 $m$ は1～4の整数を表す。 $Z$ は下記式(I)または(II)に示されるエポキシ基である。



$x$ 、 $y$ は整数で各ユニットの存在割合を示し、 $y$ は $x$ よりも小さく0であってもよい。)

【請求項7】 感光性オリゴマーが下記の化3で表される一般式を有する反応性シリコンオリゴマーであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光★40



(式中、 $X$ は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基またはアルコキシル基を表し、 $m$ は1～4の整数を表す。 $x$ 、 $y$ は整数で各ユニットの存在割合を示し、 $x$ 、 $y$ はともに0であることはない。 $R_1$ 、 $R_2$ はメチル基、エチル基またはイソプロピル基を表し、 $R_1$ と $R_2$ が相等しくてもよい。)

※【請求項3】 前記光ファイバがポリマークラッド光ファイバ、石英系光ファイバ、プラスチック光ファイバの中から選ばれた光ファイバであることを特徴とする請求項1または2記載の光学素子の製造方法。

【請求項4】 前記光ファイバの一方を、発光素子もしくは受光素子に代えたことを特徴とする請求項1または2記載の光学素子の製造方法。

【請求項5】 感光性オリゴマーが下記の化1で表される一般式を有するエポキシオリゴマーであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光学素子の製造方法。

【化1】

※記載の光学素子の製造方法。

【化2】

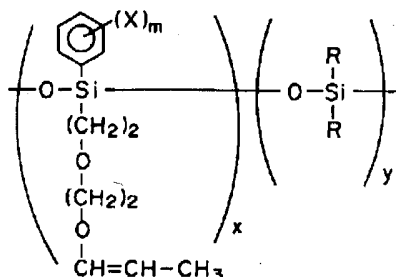
★光学素子の製造方法。

【化3】

【請求項8】 感光性オリゴマーが下記の化4で表される一般式を有する液状シリコンビニルエーテルオリゴマーであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1\*

\*項に記載の光学素子の製造方法。

【化4】

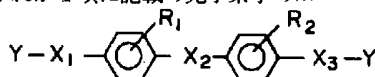


(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基またはアルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは整数で各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0ではない。Rはメチル基、エチル基、またはイソプロピル基を表す。)

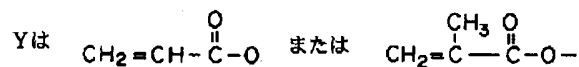
【請求項9】 感光性オリゴマーが下記の化5で表される一般式を有するアクリルオリゴマーであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光学素子の※

※製造方法。

【化5】



(式中、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基または、トリフルオロメチル基を示し、X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>はアルキル基、アルキルエーテル基または芳香環を含んでいる連結基を表し、



の重合活性基を示す。)

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高分子材料を用いた光導波路に関するものであり、一般光学や微小光学分野で、また、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路又は光配線板等に利用できる。

##### 【0002】

【従来の技術】光情報処理、光通信分野で用いる光学素子は集積化、微小化、高機能化、低価格化をめざして近年検討が盛んになってきており、特に光導波路型素子は上記の目的を満足するものとして研究段階で検討が活発化している。実際にこれらある程度満足する石英系光導波路素子が光通信分野の一部では実用化されるに至っている。例えば、河内 正夫(発表者)、NTT R&D vol. 43 No. 11 p. 101(1994)の文献に記載されている。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特に実装・組み立てには多大な労力と時間がかかること、複雑な専用装置がいること等から導波路型にした光学素子がさまざまな分野にまで普及していないのが現状である。★50

★また、上記の点から組み立てには、高度の熟練技術が必要のため、一般家庭にまで普及している電気関連部品の取り扱いと異なり、家庭でも取り扱える様な簡単な光学素子は皆無であるというのが現状である。

【0004】ところで、光デバイスでは経済性が重要となるが、導波路と光ファイバあるいは発光素子、受光素子を接続することがコストの主要因になっている。これまでの接続は光ファイバをおくV溝や導波路あるいは発光素子、受光素子をブロック構造とし、光軸が一致するようこれらを微動調心し、固定することにより行われてきた。またこれらを載せるプラットフォームを形成し、後で発光素子、受光素子等の素子を置きアライメントすることもなされてきている。しかしこれらの場合組立作業が煩雑であり、材料費・加工費とも高価となる。

【0005】本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学素子の低価格化と、使用分野の拡大の障害の要因の一つである実装組み立てを簡便にしかつ低価格化を図ることにある。また、パタン形成が容易で、耐熱性、耐湿性等に優れ、低損失の光学素子を得ることができ、また、光部品との接続が容易に行われる光学素子の製造方法を提供することにある。

##### 【0006】

5

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、樹脂製のブラットフォームに結合用溝を形成し、前記結合用溝に連結するようにその両側に搭載用溝を形成する工程と、前記搭載用溝に光ファイバを搭載する工程と、前記結合用溝に感光性物質を充たし光硬化させてコア部を形成し、さらに前記コア部を覆うクラッド部を形成して前記光ファイバ間を光結合させる導波路とする工程とより成る光学素子の製造方法であって、前記感光性物質が液状の感光性オリゴマーであることを特徴とする光学素子の製造方法にある。

【0007】本発明者らは、まずブラットフォームとして樹脂を用いたことにより、その高弾性のため溝への光ファイバの固定が強固となること、また感光性オリゴマーが、簡易なパタン形成能を持ち、また耐熱性及び耐湿性に優れ、低損失で、光部品との接続が容易に行われる光学素子用高分子光導波路パタンを形成できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の光学素子の製造方法に用いるブラットフォームを示す斜視図であり、図2はブラットフォームに光ファイバを搭載した状態を示す斜視図であり、図3は本発明の光学素子の製造方法の一例を説明するための斜視図であり、図7は本発明の製造方法に係わる光学素子の一例を示す断面図であり、図8は光学素子の他の例を示す断面図である。本発明の光学素子の製造方法の例は、図1に示すように樹脂製のブラットフォーム12の少なくとも一面に、例えば上面中央部に結合用溝11aを形成し、該結合用溝11aに連結してその両側に搭載用溝11b、11bを形成する工程と、図2に示すように前記搭載用溝11b、11bに光ファイバ30、30或いは光ファイバ30と素子50とを搭載する工程と、図3、図7、図8に示すように前記結合用溝11aに液状の感光性物質10を注入し光硬化させてコア部41を形成し、さらに該コア部41を覆うように感光性物質を用いてクラッド部42を形成して、前記光ファイバ30、30間、或いは、光ファイバ30と素子50とを光結合させて導波路とする工程と、を含む光学素子の製造方法であって、前記感光性物質が液状の感光性オリゴマーである光学素子の製造方法である。

【0009】本発明の製造方法に係わる光学素子は、図7、図8に示すように、樹脂製のブラットフォーム12と、光ファイバ30、30又は光ファイバ30と素子50とが感光性オリゴマー10の硬化物により一体的に接合（結合）され、感光性オリゴマーの硬化物はブラットフォーム12の一面側にコア部41と、該コア部41の上にクラッド部42とを形成し、光ファイバのコア31を通った光がコア部41に直接入光するように、或いは、コア部41を通った光が光ファイバのコア31に直接入光するようにされている光学素子である。

6

【0010】本発明の製造方法においては、図1に示すように、結合用溝11aと搭載用溝11b、11bとを形成された樹脂製のブラットフォーム12が準備される。結合用溝11aは光ファイバ30同士、或いは光ファイバ30と素子50との光結合のために形成される溝であり、搭載用溝11b、11bは光ファイバ30或いは素子50を搭載すために形成される溝である。

【0011】ブラットフォーム12は感光性物質に対して良好な接着性を示す樹脂、例えばエポキシ樹脂、シリコン樹脂、アクリル樹脂を用いて構成される。樹脂製の溝に関しては多種多様の作製法が使用できる。例えばリソグラフィとエッチングを組み合わせたもの、鋸やダイシングソーなどの切削加工によるもの、金型による成形などが代表的なものであるがその加工精度、使用用途、使用量等によって、ブラットフォーム作製法は選択されるべきである。

【0012】結合用溝11aとしては、特に光ファイバ30との接続損失を低下させるために、クラッド部42の膜厚を考慮した導波路を作製できる矩形構造が好ましい。例えば直線導波路を作製する場合、図4に示すような金型マスター13を作製し、これをもとに成形することで光ファイバ30を搭載するための矩形溝11b、11bと光ファイバのコア31の形状を考慮した矩形溝11aとを持つブラットフォームを作製できる。

【0013】より複雑なパタン形状、例えばY分岐導波路作製においては、図5に示すように、Y字形状の結合用溝11aを有するブラットフォームを用い、Y字形状の結合用溝11aに感光性オリゴマーの溶液10を注入することで製造できる。Y字形状の結合用溝11aを有するブラットフォームは、図6に示すような金型マスター13を用いることで製造できる。

【0014】搭載用溝11bの形状は光ファイバ30の形状等により決定されるが、断面形状がV字状或いは矩形である溝であることが好ましい。搭載用溝11bの幅を約50 $\mu$ m～5mm、その深さを約50 $\mu$ m～5mmとすることができる。

【0015】結合用溝11aの幅を搭載用溝11bの幅よりも小さくすると、搭載する光ファイバ30の位置決めがし易く、また感光性オリゴマーの注入がし易い。結合用溝11aの形状、寸法は光ファイバ30の形状、寸法、或いは材質等により決定されるが、V字状溝或いは矩形溝であることが好ましく、その幅を約3 $\mu$ m～5mm、深さdを約3 $\mu$ m～5mm、長さを約5～100mmとすることができる。結合用溝11aの長さが前記範囲であると接続損失が少ない、或いは、光ファイバを搭載し易い、位置決めがし易い。

【0016】結合用溝11aの断面寸法を光ファイバのコア31の径と整合するように設定することが好ましい。整合とは、光ファイバのコア31を透過した光がクラッド部42に直接入光するのではなく、コア部41に

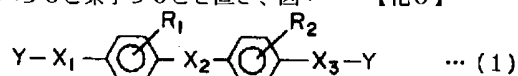
直接入光できるようにされていることを意味する。

【0017】搭載用溝11bの少なくとも一方には、光ファイバ30が搭載される。この光ファイバは、ポリマークラッド光ファイバ、石英系光ファイバ、プラスチック光ファイバの中から選ばれることが好ましい。ポリマークラッド光ファイバとはコアを石英ガラスでクラッドをプラスチックで構成したものをいい、この光ファイバを本発明において用いると、大口径で接続し易いという特徴を持つ光学素子が得られる。石英系光ファイバとはコア、クラッドとも石英ガラスで構成したものをいい、この光ファイバを用いると、大容量の光学素子が得られる。プラスチック光ファイバとはコア、クラッドともプラスチックで構成したものをいい、この光ファイバを用いると、大口径で強度の大きい光学素子が得られる。



【0018】搭載用溝11bの一方に、レーザーダイオード(LD)、発光ダイオード(LED)、受光ダイオード(PD)等の発光素子もしくは受光素子等の素子を搭載すれば、図8に示すように、光ファイバ30の一端に、素子50がコア部41とクラッド部42とにより接合され、光ファイバ30と素子50とプラットフォーム12とが感光性オリゴマーの硬化物で一体化されている光学素子を得ることができる。

【0019】素子50として、レーザーダイオードを用いれば光強度の大きい光学素子が、発光ダイオード、受光ダイオードを用いれば、長寿命で低コストの光学素子が得られる。

【0020】搭載用溝11b、11bに光ファイバ30、30或いは光ファイバ30と素子50とを置き、図\*



(式中、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基または、トリフルオロメチル基を示し、X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>はアルキル基、アルキルエーテル基または芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一個のOH基を含む連結基を表し、

Yは  または  の重合活性基を示す。)

【0024】エポキシオリゴマーは耐熱性、耐湿性に優れたコア部を与える点で好ましい。エポキシオリゴマーとして、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>が水素原子又は炭素数1~5のアルキル基であって、X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>のいずれもがアルキルエーテル基を含み、且つ少なくとも一個のヒドロキシ基を含むものは、樹脂製プラットフォームとの接着性に優※

\*3或いは図5に示すように結合用溝11aに、液状の感光性オリゴマーの溶液10を注射器等を用いて注入し、該オリゴマー溶液10に紫外線を照射し硬化することで、コア部41を形成する。更に前記コア部41の上に、エポキシオリゴマー等の感光性オリゴマーを塗布し硬化させることで、コア部41よりも低い屈折率を有するクラッド部42を形成する。クラッド部42の厚みは約15~50μmとすることができる。

【0021】本発明においては感光性物質として、常温で液状の感光性オリゴマーを用いる。感光性オリゴマーは、構造成分の調整により、正確な屈折率の制御が可能であり、また重合度の調整により、コア部の形成工程に対応した適当な粘性と紫外線硬化性とを得ることができる。

【0022】感光性オリゴマー(光硬化性オリゴマー)として、エポキシオリゴマー、反応性シリコンエポキシオリゴマー等のエポキシ形オリゴマー、反応性シリコンオリゴマー、液状シリコンビニルエーテルオリゴマー等のシリコン系オリゴマー、アクリルオリゴマーのいずれかであることが好ましい。感光性オリゴマーは約200~5000の数平均分子量を持つことが好ましく、25°Cで約100~1000cP(センチポイズ)の粘度を有する液状のものが好ましい。このような粘度であれば、結合用溝11aに注入し易く、取扱が容易である。

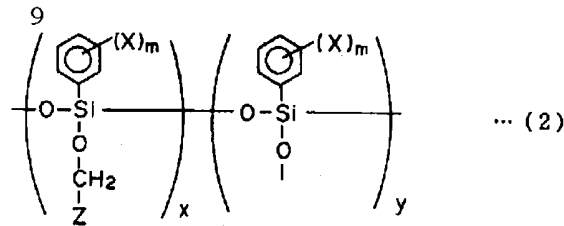
【0023】エポキシオリゴマーとして、一般式が下記の化6で表されるものを用いることができる。

【化6】

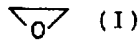
※れる。

【0025】反応性シリコンエポキシオリゴマーとして、一般式が下記の化7で表されるものを用いることができる。

【化7】



(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基またはアルコキシ基を表し、mは1~4の整数を表す。Zは下記式(I)または(II)に示されるエポキシ基である。



(I)



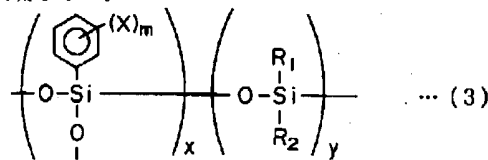
(II)

x、yは整数で各ユニットの存在割合を示し、yはxよりも小さく0であってよい。)

【0026】反応性シリコンエポキシオリゴマーは、耐熱性、強度に優れたコア部を与えることができる。反応性シリコンエポキシオリゴマーとして、Xが水素原子又は炭素数1~5のアルキル基であるものは、可撓性に優れたコア部を与える点で好ましい。

\*【0027】反応性シリコンエポキシオリゴマーとして、一般式が下記の化8で表されるものを用いることができる。

【化8】



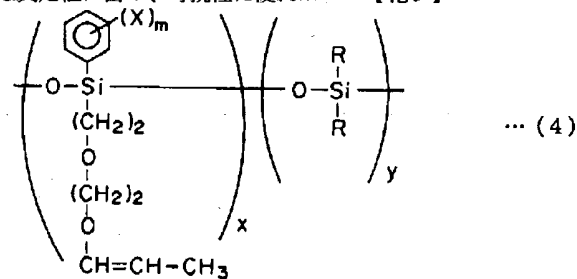
(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基またはアルコキシ基を表し、mは1~4の整数を表す。x、yは整数で各ユニットの存在割合を示し、x、yはともに0であることはない。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はメチル基、エチル基またはイソプロピル基を表し、R<sub>1</sub>とR<sub>2</sub>が相等しくてもよい。)

【0028】反応性シリコンオリゴマーは、耐熱性、強度に優れたコア部を与えることができる。反応性シリコンオリゴマーとして、Xが水素原子又は炭素数1~5のアルキル基であって、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>が共に炭素数1~5のアルキル基であるものは反応性に富み、可撓性に優れ※

※たコア部を与える。

【0029】液状シリコンビニルエーテルオリゴマーとして、一般式が下記の化9で表されるものを用いることができる。

【化9】



(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基またはアルコキシ基を表し、mは1~4の整数を表す。x、yは整数で各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。Rはメチル基、エチル基、またはイソプロピル基を表す。)

【0030】液状シリコンビニルエーテルオリゴマーは耐熱性に優れたコア部を与えることができる。液状シリコンビニルエーテルオリゴマーとして、Xが水素原子又は炭素数1~5のアルキル基であって、Rが炭素数1~5のアルキル基であるものは可撓性に優れたコア部★50

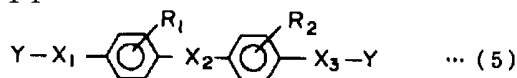
★を与える点で好ましい。

【0031】アクリルオリゴマーとして、一般式が下記の化10で表されるものを用いることができる。

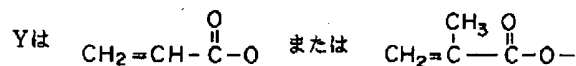
【化10】

11

12



(式中、 $R_1$ 、 $R_2$ はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基または、トリフルオロメチル基を示し、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ はアルキル基、アルキルエーテル基または芳香環を含んでいる連結基を表し、

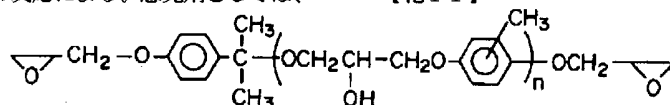


の重合活性基を示す。)

【0032】アクリルオリゴマーは反応性に富み、透明性に優れたコア部を与えることができる。アクリルオリゴマーとして、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ のいずれもがアルキルエーテル基又は芳香環を含み、 $R_1$ 、 $R_2$ が共に水素原子炭素数1～5のアルキル基であるものは、可撓性に優れたコア部を与えることができる点で好ましい。

【0033】前記のエポキシ形オリゴマーの高分子化は、化6、化7で表される一般式中に含まれる重合活性基(エポキシ基など)間の光による反応によって重合することで行われる。反応を効率よく十分に起こさせるためには光重合開始剤を添加することが望ましい。光重合開始剤としては、一般に光重合開始剤として用いられているものであればよく、ジフェニルトリケトンベンゾイン、ベンゾインメチルエーテル、ベンゾフェノン、アセトフェノン、ジアセチル等のカルボニル化合物や過酸化ベンゾイルなどの過酸化化合物、アゾビスイソプロピロニトリルなどのアゾ化合物が代表的なものとして挙げられる。

【0034】前記のシリコン系オリゴマーの高分子化は感光剤とオリゴマーの反応による。感光剤としては、\*



【0038】次に、図1に示すように、両側に光ファイバ30、30を置くための幅125 $\mu\text{m}$ 、深さ130 $\mu\text{m}$ のV字状あるいは矩形溝11b、11bが、また中央部には幅50 $\mu\text{m}$ で深さ50 $\mu\text{m}$ で、長さ50mmの溝部を有する結合用溝11aが形成されたエポキシ樹脂製のプラットフォーム12を作製した。プラットフォーム12の作製は金型マスター13を用いた成型法に依った。プラットフォーム12を構成するエポキシ樹脂の屈折率は波長0.85 $\mu\text{m}$ で1.52であった。

【0039】作製したプラットフォーム12の両側の溝11b、11b上に、外径125 $\mu\text{m}$ の石英GIファイバ(グレーデッド形光ファイバ)30、30を、図2に示すように接着固定した。

【0040】さらに、図3に示すように、結合用溝11aに、上記溶液10を注入して、UV光14を照射して溶液10を硬化させることで、コア部41を形成した。UV光14の照射量は2000 $\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。また、溶液10の硬化物の屈折率は波長0.85 $\mu\text{m}$ で※50

10\*アジドピレンなどのアジド化合物、4、4'-ジアジドベンザルアセトン、2、6-ジ(4'-アジドベンザル)シクロヘキサノン、2、6-ジ(4'-アジドベンザル)-4-メチルシクロヘキサノンなどのビスアジド化合物ジアゾ化合物が代表的なものである。

【0035】本発明によって得られた光導波路は耐溶剤性に優れ、かつ低導波損失で、耐熱性、耐湿性に優れている。

【0036】

【実施例】本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されない。

(実施例1) 次のようにして図7に示す光学素子を製造した。本実施例では、まず、以下の化11に示した構造式を有する液状のエポキシオリゴマー(25 $^{\circ}\text{C}$ における粘度が約500センチポイズ)と光重合開始剤2重量%とを調合して、感光性オリゴマーの溶液10を準備した。なお、化11におけるnは正の整数である。

【0037】

【化11】

※1. 535であった。

【0041】次に、プラットフォーム12上に、光硬化物の屈折率が波長0.85 $\mu\text{m}$ で1.52となるように調整されたエポキシオリゴマーを塗布し、UV光を照射して該エポキシオリゴマーを硬化し、クラッド部42を形成することで、導波路を作製した。この操作により、図7に示すように屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド部42と、屈折率1.535で厚み50 $\mu\text{m}$ のコア部41とを有し、両側に光ファイバ30、30が接合されたマルチモードモジュールを作製できた。

【0042】屈折率1.535のコア部41の外側に、コア部41よりも屈折率の低いクラッド部42とプラットフォーム12とを形成したのは、光を全反射させて伝搬させるためである。

【0043】このモジュールの挿入損を測定したところ、波長0.85 $\mu\text{m}$ で1dB以下、波長1.3 $\mu\text{m}$ で1.5dB以下、波長1.55 $\mu\text{m}$ で3.0dB以下であった。ここで、モジュールの挿入損とは、ファイバ、

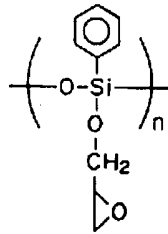
13

導波路を含めた損失をいう。以上より、本例のモジュールは低損失であることが判った。更に、このモジュールの損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。則ち、本例のモジュールは耐久性に優れた。なお、本例のモジュールのコア部41は耐湿性に特に優れた。

【0044】(実施例2)下記の化12の構造式(但し、式中のnは正の整数)で表される液状のシリコンエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%とを調合した溶液10を用い、実施例1と同様な方法により、マルチモードモジュールを作製した。

【0045】

【化12】

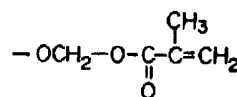
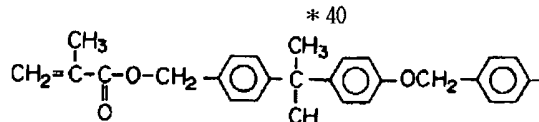
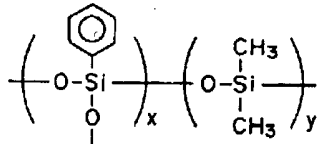


【0046】このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1dB以下、波長1.3μmで1.0dB以下、波長1.55μmで1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3μmでも波長1.55μmでも0.1dB以下であった。更に、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。なお、本例のマルチモードモジュールのコア部41は強度に特に優れた。

【0047】(実施例3)下記の化13で構造式(但し、式中のx、yは正の整数)が表される液状のシリコンオリゴマーと光重合開始剤2重量%とを調合した溶液を準備した。

【0048】

【化13】



【0054】次に、前記溶液を用い、実施例1と同様な方法によりマルチモードモジュールを作製した。このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85μm

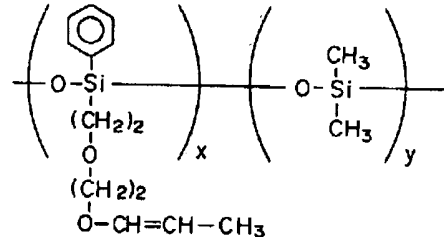
14

\*【0049】そして、実施例1と同様な方法により、マルチモードモジュールを作製した。このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1dB以下、1.3μmで1.0dB以下、波長1.55μmで1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3μmでも波長1.55μmでも0.1dB以下であった。更に、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。なお、本例のマルチモードモジュールのコア部41は耐熱性に特に優れた。

【0050】(実施例4)下記の化14で表される構造式(但し、式中のx、yは正の整数)を持つ液状のシリコンビニルエーテルオリゴマーと光重合開始剤2重量%とを調合した溶液を用い、実施例1と同様な方法によりマルチモードモジュールを作製した。このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1dB以下、1.3μmで1.0dB以下、波長1.55μmで1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3μmでも波長1.55μmでも0.1dB以下であった。更に、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。なお、本例のマルチモードモジュールのコア部41は可撓性に優れた。

【0051】

【化14】



【0052】(実施例5)以下に示した化15で表される構造式を有する液状のアクリルオリゴマーと光重合開始剤2重量%とを調合した溶液を準備した。

【0053】

【化15】

\*mで1dB以下、1.3μmで1.0dB以下、波長1.55μmで1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3μmでも波長1.55μm



でも0.1dB以下であった。更に、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。なお、本例のマルチモードモジュールのコア部41は強度に優れた。

【0055】(実施例6)次のようにして図8に示す光学素子を製造した。実施例1で用いた液状のエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を混合した溶液10を準備した。

【0056】次に、片側に光ファイバ30を置くための、幅125 $\mu$ m、深さ130 $\mu$ mのV字状あるいは矩形溝11b、11bを、また略中央部に、図1に示すように、幅50 $\mu$ m×深さ50 $\mu$ m×長さ50mmの結合用溝11aを有し、厚さ250 $\mu$ mのエポキシ樹脂が基板上に形成されたプラットフォーム12を用意した。このエポキシ樹脂の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.52であった。そして、外径125 $\mu$ mのGI光ファイバ30を片側の溝11bに置き固定した。

【0057】次に、その結合用溝11aをはさんで半導体レーザ光源(発振波長0.85 $\mu$ m)50を、他の側の溝11b内に置いた。

【0058】次に、結合用溝11aに前記の溶液10を注入し、UV光を照射して、コア部41を形成した。照射量は2000mJ/cm<sup>2</sup>であった。硬化後の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.535であった。

【0059】その後、この上に硬化物の屈折率が波長0.85 $\mu$ mで1.52であるエポキシオリゴマーを塗布し、硬化させることでクラッド部42を有する導波路を作製した。この操作により屈折率1.52のエポキシオリゴマーの硬化物からなるクラッド部42と、屈折率1.535のエポキシ樹脂からなるコア部41とを有するチャンネル導波路で光送信デバイスをインターコネクトした導波路素子が作製できた。この導波路に光を導入したところ、結合損失0.3dB程度で光送信が可能であった。

【0060】(実施例7)次のようにして、図7に示す光学素子を石英光ファイバを用いて作製した。図1に示すように、両側に光ファイバ30、30を置くための、幅125 $\mu$ m、深さ130 $\mu$ mのV字状あるいは矩形溝11b、11bを、また真ん中に幅10 $\mu$ m、深さ10 $\mu$ mの結合用溝11aを有し厚さ250 $\mu$ mのエポキシ樹脂製プラットフォーム12を用意し、先に石英光ファイバ(コア径10 $\mu$ m、外径125 $\mu$ m)30、30を置き固定しておいた。その後、結合用溝11aに、実施例1で用いたのと同じ溶液10を注入し、UV光14を照射し、該溶液10を硬化させることで、コア部41を形成した。照射量は2000mJ/cm<sup>2</sup>であった。硬化後の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.535であった。

【0061】その後、プラットフォーム12上に光硬化時の屈折率が波長0.85 $\mu$ mで1.52になるように

調整されたエポキシオリゴマーを塗布して硬化してクラッド部42を形成することで、導波路を作製した。この操作により光ファイバ付きの屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド部42と、1.535の屈折率のコア部41(10 $\mu$ m)を有するシングルモジュールが作製できた。

【0062】このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85 $\mu$ mで1dB以下、1.3 $\mu$ mで1.5dB以下、波長1.55 $\mu$ mで3.0dB以下であった。更に、このモジュールの損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0063】(実施例8)次のようにして、図7に示す光学素子をプラスチック光ファイバを用いて作製した。両側に光ファイバ30、30を置くための、幅1mm×深さ1mm×長さ50mmのV字状あるいは矩形溝11b、11bを、また真ん中に図1に示したように幅1mm×深さ1mm×長さ50mmの結合用溝11aを有し厚さ2mmのエポキシ樹脂製プラットフォーム12を用意し、先にプラスチック光ファイバ(コア1mm)30、30を置き固定しておいた。その後、実施例1で用いたのと同じ溶液10を注入し、UV光14を照射した。照射量は2000mJ/cm<sup>2</sup>であった。硬化後の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.535であった。

【0064】その後、プラットフォーム上に光硬化時の屈折率が波長0.85 $\mu$ mで1.52になるように調整されたエポキシオリゴマー溶液を塗布して硬化し、導波路を作製した。この操作により光ファイバ付きの屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド部42と、1.535の屈折率のコア部41(厚み1mm)とを有するマルチモードモジュールが作製できた。このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85 $\mu$ mで1dB以下、1.3 $\mu$ mで1.5dB以下、波長1.55 $\mu$ mで3.0dB以下であった。更に、このモジュールの損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0065】(実施例9)次のようにして、図7に示す光学素子をポリマークラッド光ファイバを用いて作製した。両側に光ファイバを置くための、幅230 $\mu$ m×深さ250 $\mu$ m×長さ50mmのV字状あるいは矩形溝11b、11bを、また真ん中に図1に示したように幅200 $\mu$ m、深さ200 $\mu$ mの結合用溝11aを有し厚さ500 $\mu$ mのエポキシ樹脂製プラットフォーム12を用意し、先にポリマークラッド光ファイバ(コア200 $\mu$ m、外形230 $\mu$ m)30、30を置き固定しておいた。その後、実施例1で用いたのと同じ溶液10を注入し、UV光14を照射した。照射量は2000mJ/cm<sup>2</sup>であった。硬化後の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.535であった。

【0066】その後、プラットフォーム12上に光硬化時の屈折率が波長0.85 $\mu$ mで1.52になるように

調整されたエポキシオリゴマー溶液を塗布して硬化し、導波路を作製した。この操作により光ファイバ付きの屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド部42と、1.535の屈折率のコア部41(厚み200 $\mu$ m)とを有するマルチモードモジュールが作製できた。このモジュールの挿入損失を測定したところ、波長0.85 $\mu$ mで1dB以下、1.3 $\mu$ mで1.5dB以下、波長1.55 $\mu$ mで3.0dB以下であった。更に、このモジュールの損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光学素子の製造方法によれば、パタン形成が容易であり、また耐熱性及び耐湿性に優れ、複屈折が小さく、光部品との接続が容易に行われる口径変換用高分子光導波路パタンを形成できる。これらのことから、本発明の製造方法は、量産するような光導波路型部品への適用に有利である。したがって、一般光学や微小光学分野で、また、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路又は光配線板等の製造に適用できる。

【簡単な図面の説明】

【図1】 プラットフォームを示す斜視図である。

【図2】 プラットフォームに光ファイバを搭載した状態を示す斜視図である。

【図3】 本発明の光学素子の製造方法の例を説明する斜視図である。

【図4】 プラットフォーム作製用の金型マスターの例を示す斜視図である。

【図5】 本発明の光学素子の製造方法の他の例を示す斜視図である。

【図6】 プラットフォーム作製用の金型マスターの他の例を示す斜視図である。

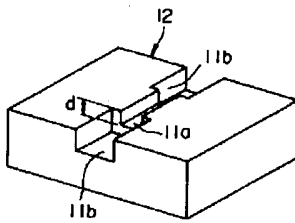
【図7】 光学素子の一例を示す断面図である。

【図8】 光学素子の他の例を示す断面図である。

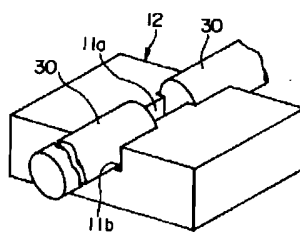
【符号の説明】

10・・・感光性オリゴマーの溶液、11a・・・結合用溝、11b・・・搭載用溝、12・・・プラットフォーム、13・・・金型マスター、14・・・UV光、30・・・光ファイバ、31・・・光ファイバのコア、41・・・コア部、42・・・クラッド部、50・・・素子

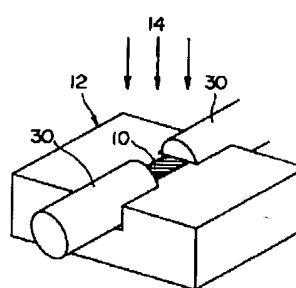
【図1】



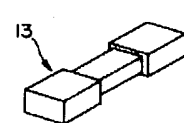
【図2】



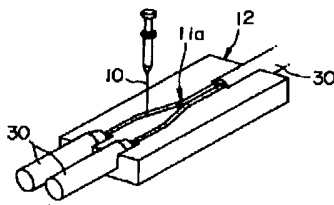
【図3】



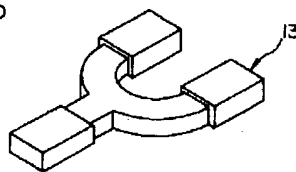
【図4】



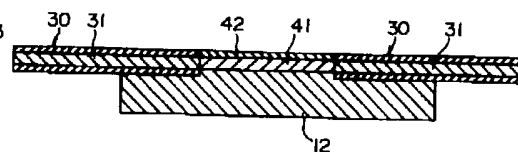
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

